



⑯ Unionspriorität:
P 10-333098 24. 11. 1998 JP
⑯ Anmelder:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP
⑯ Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑯ Erfinder:
Nakagawa, Norihisa, Toyota, Aichi, JP; Demura, Takayuki, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine

⑯ Das Kraftstoffpumpensteuerungssystem umfasst eine elektronische Steuerungseinheit (ECU) zur Steuerung der Förderkapazität einer Hochdruckkraftstoffkolbenpumpe, welche durch einen Antriebsnocken angetrieben ist, der mit der Nockenwelle eines Motors verbunden ist. Der Motor ist mit einer variablen Ventilzeitsteuerungseinrichtung versehen, um Ventilsteuerzeiten des Motors zu steuern, indem die Drehphase der Nockenwelle relativ zu der Kurzelwelle eingestellt wird. Die Pumpe ist mit einem Ansaugventil versehen. Wenn sich die Öffnungs-/Schließzeitpunkte des Ansaugventils ändern, ändert sich der wirksame Förderhub der Pumpe und dadurch die Förderkapazität der Pumpe. Die ECU schätzt die Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors während des wirksamen Förderhubs der Pumpe, bevor der wirksame Förderhub beginnt, und stellt die Öffnungs-/Schließzeitpunkte des Ansaugventils in Übereinstimmung mit der geschätzten Änderung der Ventilsteuerzeiten ein, so dass die Förderkapazität der Pumpe eine Sollförderkapazität wird, unabhängig von der Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem zur Steuerung der Kapazität einer Verdrängerkraftstoffpumpe, die durch eine Nockenwelle einer Brennkraftmaschine angetrieben ist.

2. Beschreibung des Stands der Technik

Ein Speicherkraftstoffeinspritzsystem (common rail) ist im Stand der Technik bekannt. Das Speicherkraftstoffeinspritzsystem umfasst eine Verteilerleiste (einen Speicher) zur Aufnahme von Hochdruckkraftstoff und Kraftstoffeinspritzventile, die mit der Verteilerleiste verbunden sind, um Kraftstoff in die Zylinder des Motors einzuspritzen. Weil sich die Einspritzrate der Kraftstoffeinspritzventile in Übereinstimmung mit dem Kraftstoffdruck in der Verteilerleiste ändert, muss der Druck des Kraftstoffs in der Verteilerleiste genau auf der Basis des Betriebszustands des Motors gesteuert werden, um eine Kraftstoffeinspritzrate zu erreichen, die für den Motorbetriebszustand passend ist.

Der Verteilerleistendruck (der Druck des Kraftstoffs in der Verteilerleiste) wird allgemein gesteuert, indem eine Förderkapazität (Kraftstoffzuführmenge) einer Hochdruckkraftstoffversorgungspumpe, die Hochdruckkraftstoff der Verteilerleiste zuführt, eingestellt wird. Als Hochdruckkraftstoffversorgungspumpe wird üblicherweise eine Verdrängerpumpe, wie eine Kolbenpumpe verwendet, die durch einen Antriebsnocken angetrieben ist, der mit der Nockenwelle des Motors gekoppelt ist und synchron mit der Nockenwelle dreht.

Ein Steuerungssystem einer Kraftstoffpumpe dieses Typs ist beispielsweise in der japanischen ungeprüften Patentoffenlegungsschrift (Kokai) Nr. 8-177592 beschrieben. Das Steuerungssystem in der '592 Veröffentlichung verwendet eine Kolbenpumpe, die durch einen Antriebsnocken angetrieben ist, der mit der Motornockenwelle gekoppelt ist und synchron damit dreht. Das Steuerungssystem in der '592 Veröffentlichung bestimmt einen Verteilerleistensolldruck auf der Basis des Betriebszustands des Motors und steuert die Förderkapazität der Kolbenpumpe in Übereinstimmung mit dem Verteilerleistensolldruck und einem tatsächlich erfassten Verteilerleistendruck, so dass der tatsächlich erfasste Verteilerleistendruck mit dem Verteilerleistensolldruck übereinstimmt. Die Erfassung des tatsächlichen Verteilerleistendrucks und der Ausschub von Kraftstoff von der Pumpe werden bei jedem vorbestimmten Drehwinkel der Kurbelwelle des Motors ausgeführt.

Jedoch können Probleme auftreten, wenn das System gemäß der '592 Veröffentlichung auf eine Brennkraftmaschine angewandt wird, die mit einer veränderlichen Ventilzeitsteuerungseinrichtung ausgerüstet ist, um die Ventilsteuerzeiten der Brennkraftmaschine in Übereinstimmung mit den Motorbetriebszuständen einzustellen.

In einem bestimmten Typ veränderlicher Ventilzeitsteuerungseinrichtungen werden die Ventilsteuerzeiten des Motors durch Veränderung der Drehphase der Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle eingestellt. Wenn das Kraftstoffpumpensteuerungssystem in der '592 Veröffentlichung auf einen Motor angewandt wird, der mit einer veränderlichen Ventilzeitsteuerungseinrichtung dieses Typs ausgerüstet ist, wird es schwierig, die Förderkapazität der Pumpe zu steuern

und der Verteilerleistendruck kann nicht akkurat auf den Solldruck geregelt werden.

Der Kolben der Kraftstoffpumpe in der '592 Veröffentlichung wird durch einen Antriebsnocken bewegt, um innerhalb des Zylinders der Pumpe zu reziprieren. Der Antriebsnocken der Pumpe ist mit der Nockenwelle des Motors gekoppelt und dreht synchron mit der Nockenwelle. Folglich verändert sich die Drehphase des Antriebsnockens ebenfalls, wenn die Drehphase der Nockenwelle durch die 10 variable Ventilzeitsteuerungseinrichtung verändert wird.

Ferner wird in dem System der '592 Veröffentlichung der Ausschub des Kraftstoffs von der Pumpe gestartet, wenn die Winkelposition der Kurbelwelle einen vorbestimmten Kurbeldrehwinkel erreicht und der Ausschub des Kraftstoffs

15 dauert bis zum Ende der Ausschubperiode an, die auf der Basis einer Sollausschubmenge bestimmt ist. Die Ausschubperiode ist durch einen Drehwinkel der Kurbelwelle vorgegeben. Die Förderkapazität der Pumpe ist durch einen Betrag des effizienten Förderhubs, (d. h. die Verdrängung 20 des Kolbens während der Ausschubperiode) und, mit anderen Worten, den Betrag der Veränderung der Nockenanhebung (Nockenhub) des Antriebsnockens während der Ausschubperiode bestimmt.

Wie zuvor erläutert wurde, ändert sich, weil der Antriebsnocken der Pumpe synchron mit der Nockenwelle des Motors dreht, die Drehphase des Antriebsnockens, wenn sich die Drehphase der Nockenwelle ändert. Wenn folglich sowohl der Kurbelwellendrehwinkel (Kurbelwinkel), an dem die Ausschubperiode beginnt, und der Kurbelwinkel, an 30 dem die Ausschubperiode endet, festgelegt sind, ändert sich die Förderkapazität der Pumpe ebenfalls, wenn sich die Drehphase des Antriebsnockens relativ zu der Kurbelwelle ändert. Dies bewirkt eine Veränderung in der Förderkapazität der Pumpe. Folglich ändert sich in dem System gemäß 35 der '592 Veröffentlichung die Förderkapazität der Kraftstoffversorgungspumpe, wenn sich die Ventilsteuerzeiten der Brennkraftmaschine ändern, wenn die Ausschubperiode der Pumpe festgelegt ist.

Dieses Problem ist im Detail in Fig. 5 gezeigt.

40 In Fig. 5 repräsentiert die vertikale Achse den Nockenhub des Antriebsnockens der Pumpe und die horizontale Achse repräsentiert den Kurbelwinkel. Die Kurve I in Fig. 5 zeigt die Veränderung des Nockenhubes des Antriebsnockens, wenn die Drehphase der Nockenwelle auf einen Wert gesetzt ist, bei welchem die Ventilsteuerzeiten am meisten nacheilen, und die Kurve II zeigt das gleiche, wenn die Drehphase der Nockenwelle auf einen Wert gesetzt ist, bei 45 welchem die Ventilsteuerzeiten des Motors am meisten voreilen. Wie aus Fig. 5 zu sehen ist, bewegt sich die Nockenhubkurve des Antriebsnockens in der Richtung, in welche der Kurbelwinkel voreilt, wenn die Ventilsteuerzeiten des Motors voreilen. Wenn in diesem Fall der Beginn und das Ende der Ausschubperiode (durch Kurbelwinkel ausgedrückt) festgelegt sind, d. h. wenn die Ausschubperiode bei

50 DP1 in Fig. 5 festgelegt ist, verändert sich der wirksame Förderhub D1 des Pumpenkolbens, wenn die Ventilsteuerzeiten am meisten nacheilen, nach D2, wenn die Ventilsteuerzeiten am meisten voreilen. Dies bedeutet, dass die Förderkapazität der Pumpe nicht präzise gesteuert werden kann, 55 wenn sich die Ventilsteuerzeiten des Motors ändern, wenn der Pumpenausschub gesteuert wird, d. h. wenn der Beginn und das Ende der Ausschubperiode auf eine Weise festgelegt sind, die gleich der eines Motors mit festen Ventilsteuerzeiten ist. In diesem Fall können, weil ein Überschuss oder 60 eine Verknappung der Kraftstoffförderkapazität relativ zu der Sollförderkapazität auftreten, Schwierigkeiten, wie eine Abweichung des tatsächlichen Verteilerleistendrucks von dem Sollwert und ein Anstieg des Motorleistungsverlusts durch

übermäßige Arbeit der Kraftstoffpumpe aufzutreten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Angesichts der zuvor beschriebenen Schwierigkeiten im verwandten Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine zu schaffen, das präzise die Förderkapazität einer Kraftstoffpumpe steuern kann, wenn eine Verdrängerpumpe, die durch die Nockenwelle des Motors angetrieben ist, auf einen Motor angewandt wird, der mit einer variablen Ventilzeitsteuerungseinrichtung ausgerüstet ist.

Die oben genannte Aufgabe wird mit einem Kraftstoffpumpensteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung gelöst. Der Motor ist mit einer variablen Ventilzeiteinstelleinrichtung zum Einstellen der Ventilsteuerzeiten des Motors auf eine Sollventilsteuerzeit versehen, die durch den Betriebszustand des Motors bestimmt ist, indem eine Drehphase der Nockenwelle des Motors verändert wird. Das Kraftstoffpumpensteuerungssystem umfasst eine Förderkapazitätssteuereinrichtung zur Steuerung der Förderkapazität einer Verdrängerkraftstoffpumpe, welche synchron mit der Drehung der Nockenwelle des Motors arbeitet, auf eine vorbestimmte Sollförderkapazität und die Förderkapazitätsteuerungseinrichtung steuert die Förderkapazität der Kraftstoffpumpe auf die vorbestimmte Sollförderkapazität, indem der Zeitpunkt von mindestens einem von dem Beginn und dem Ende eines wirksamen Förderhubs der Pumpe in Übereinstimmung mit der Veränderung der Ventilsteuerzeiten des Motors verändert wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird mindestens einer von dem Startzeitpunkt und dem Endzeitpunkt des wirksamen Förderhubs der Pumpe (d. h. Kurbelwinkel, bei denen der wirksame Förderhub der Pumpe beginnt und endet) in Übereinstimmung mit der Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors, d. h. in Übereinstimmung mit der Veränderung der Drehphase der Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle verändert. Folglich wird es möglich, die Länge des wirksamen Förderhubs der Pumpe derart zu steuern, dass die Pumpenförderkapazität auf der Sollförderkapazität gehalten wird, unabhängig von der Veränderung der Drehphase der Nockenwelle.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die vorliegende Erfindung wird aus der nachfolgend ausführten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen besser verständlich, in denen:

Fig. 1 eine allgemeine Konfiguration eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zeigt, wenn es auf einen Kraftfahrzeugmotor angewandt ist, der mit einer Verteilerleiste und einer variablen Ventilzeitsteuerungseinrichtung versehen ist;

Fig. 2A, 2B und 2C schematisch das Verfahren zur Steuerung der Förderkapazität der Hochdruckkraftstoffversorgungspumpe in Fig. 1 zeigen;

Fig. 3 ein Flussdiagramm ist, welches einen Steuerungsvorgang der Pumpenförderkapazität auf der Basis der geschätzten Veränderung der Ventilsteuerzeiten des Motors zeigt;

Fig. 4 ein Zeitdiagramm ist, das den Steuerungsvorgang in Fig. 3 erläutert; und

Fig. 5 ein Diagramm ist, das eine Veränderung der Pumpenförderkapazität infolge der Veränderung der Ventilsteuerzeiten des Motors zeigt.

BESCHREIBUNG DES BEZOGENEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELS

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel des Kraftstoffpumpensteuerungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 5 erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch die allgemeine Konfiguration eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung, wenn sie auf einen Kraftfahrzeugmotor angewandt ist.

10 In Fig. 1 bezeichnet Bezugssymbol 10 insgesamt eine Brennkraftmaschine. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Vierzylinder-Ottomotor als der Motor 10 verwendet. Bezugssymbol 1 in Fig. 1 zeigt Kraftstoffeinspritzventile, welche Kraftstoff direkt in den jeweiligen Zylinder des Motors 10 einspritzen. Die Kraftstoffeinspritzventile 1 sind mit einem gemeinsamen Speicher (einer gemeinsamen Verteilerleiste) 3 verbunden. Die Verteilerleiste 3 dient als ein Speicher zur Speicherung bedruckten Kraftstoffs, der von einer Hochdruckkraftstoffpumpe 5 zugeführt ist, die später erläutert wird, und zur Verteilung des Hochdruckkraftstoffs auf die jeweiligen Kraftstoffeinspritzventile 1. In Fig. 1 bezeichnet Bezugssymbol 7 einen Kraftstofftank zur Speicherung von Kraftstoff für den Motor 10, Bezugssymbol 9 bezeichnet eine Niederdruckkraftstoffförderpumpe zur Förderung von Kraftstoff zu der Hochdruckkraftstoffpumpe 5. Während des Betriebs des Motors wird Kraftstoff in dem Kraftstofftank 7 auf einen vorbestimmten relativ niedrigen Druck durch die Niederdruckkraftstoffförderpumpe 9 bedruckt und wird der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 durch eine 20 Niederdruckkraftstoffleitung 13 und ein darin angeordnetes Rückschlagventil 13a zugeführt. Der Kraftstoff wird durch die Hochdruckkraftstoffpumpe 9 weiter bedruckt und der Verteilerleiste 3 über ein Rückschlagventil 15 und eine Hochdruckkraftstoffleitung 17 zugeführt und von der Verteilerleiste 3 wird Kraftstoff den Kraftstoffeinspritzventilen 1 zugeführt und in die jeweiligen Zylinder des Motors 10 eingespritzt.

Bezugssymbol 19 ist eine Überlaufleitung und 19a ist ein darin angeordnetes Rückschlagventil. Die Überlaufleitung 19 führt den von einem Ansaugventil 5a der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 während des Förderhubs des Kolbens der Pumpe 5 abgegebenen Kraftstoff zurück, wie später beschrieben wird. Die Hochdruckkraftstoffpumpe 5 und das Ansaugventil 5a werden später genauer beschrieben.

45 Bezugssymbol 20 in Fig. 1 ist eine elektronische Steuerungseinheit (ECU) 20 des Motors zur Steuerung des Motors 10. Die ECU 20 in diesem Ausführungsbeispiel ist ein Mikrocomputer von bekannter Konstruktion mit einem Nur-Lese-Speicher (ROM), einem Lese-Schreibspeicher (RAM), einem Mikroprozessor (CPU) und Eingabe- und Ausgabeanschlüssen, die alle miteinander durch einen bidirektionalen Bus verbunden sind. Die ECU 20 in diesem Ausführungsbeispiel dient als eine Förderkapazitätsteuerungseinrichtung und steuert den Kraftstoffdruck in der Verteilerleiste 3 auf einem Verteilerleistensolldruck, der als eine Funktion der Motorbelastung und Geschwindigkeit bestimmt ist. Wie später beschrieben wird, steuert die ECU 20 die Menge des von der Pumpe 5 zu der Verteilerleiste zugeführten Kraftstoffs in Übereinstimmung mit der Motorbelastung, Geschwindigkeit und Verteilerleistendruck, indem der Öffnung-/Schließvorgang des Ansaugventils 5a der Pumpe eingestellt wird. Durch die Funktion der ECU 20 als Förderkapazitätsteuerungseinrichtung wird die Einspritzrate der Kraftstoffeinspritzventile in Übereinstimmung mit den Motorbetriebszuständen, wie die Motorbelastung und die Motordrehzahl eingestellt. Ferner führt die ECU 20 eine Kraftstoffeinspritzsteuerung aus, in welcher die Zeitpunkte des Öffnens und Schließens des Kraftstoffeinspritz-

ventils 1 gesteuert sind, um die Kraftstoffeinspritzmenge und den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand des Motors einzustellen.

In diesem Ausführungsbeispiel ist der Motor 10 mit einer variablen Ventilzeitsteuerungseinrichtung 30 ausgerüstet. Die variable Ventilzeitsteuerungseinrichtung 30 verändert die Ventilsteuerzeiten des Motors, d. h. die Zeitpunkte des Öffnens und Schließen von Einlassventilen oder Auslassventilen oder beiden in Übereinstimmung mit dem Betriebszustand des Motors. Eine bekannte variable Ventilzeitsteuerungseinrichtung, welche die Ventilsteuerzeiten durch Veränderung der Phase der Drehung der Nockenwelle relativ zu der Drehung der Kurbelwelle verändert, ist als die variable Ventilzeitsteuerungseinrichtung 30 in diesem Ausführungsbeispiel verwendet.

Die Nockenwelle ist durch die Kurbelwelle angetrieben und dreht synchron mit der Kurbelwelle. In einem herkömmlichen Motor sind, weil die Drehphase der Nockenwelle bezüglich der Kurbelwelle festgelegt ist, die Ventilsteuerzeiten der Einlass- und Auslassventile (Kurbelwinkel, bei denen die Ventile öffnen und schließen) festgelegt. Jedoch verändert die variable Ventilzeitsteuerungseinrichtung 30 in diesem Ausführungsbeispiel die Ventilsteuerzeiten, indem die Drehphase der Nockenwelle bezüglich der Kurbelwelle verändert wird, während die Nockenwelle gleichzeitig mit der Kurbelwelle während des Motorbetriebs dreht. Wenn beispielsweise die Drehphase der Nockenwelle bezüglich der Kurbelwelle voreilt, eilen die Öffnungs- und Schließzeitpunkte von sowohl Einlass- als auch Auslassventilen ebenfalls vor. Wenn die Drehphase der Nockenwelle bezüglich der Kurbelwelle nachholt, eilen die Öffnungs- und Schließzeitpunkte beider Ventile ebenfalls nach.

Um die verschiedenen oben erläuternden Steuerungen auszuführen, wird ein Spannungssignal, das dem Kraftstoffdruck in der Verteilerleiste 3 entspricht, dem Eingabeanchluss der ECU 20 über einen A/D Wandler 34 von einem Kraftstoffdrucksensor 31 zugeführt, der in der Verteilerleiste 3 angeordnet ist. Das Kraftstoffdrucksignal wird als ein Parameter verwendet, der den Betriebszustand der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 wiedergibt. Ferner wird ein Signal, das dem Niederdrückbetrag eines Beschleunigerpedals (eine Beschleunigeröffnung) des Motors entspricht, ebenfalls dem Eingabeanchluss der ECU 20 über den A/D Wandler 34 von einem Beschleunigersensor 35 zugeführt, der in der Nähe des Beschleunigerpedals (nicht gezeigt) angeordnet ist. Das Beschleunigeröffnungssignal wird als Parameter verwendet, der die Motorbelastung wiedergibt. Als der Motorbelastungsparameter können andere Parameter, wie die Einlassluftmenge oder ein Einlassluftdruck des Motors anstelle der Beschleunigeröffnung verwendet werden.

Ein Kurbelwinkelsensor 37 ist in der Nähe der Kurbelwelle des Motors 10 angeordnet. Der Kurbelwinkelsensor erzeugt ein Referenzkurbelwellenstellungssignal, jedes Mal, wenn die Kurbelwelle eine bestimmte Referenzstellung (beispielsweise einen oberen Todpunkt des ersten Zylinders des Motors) während ihrer Drehung erreicht und erzeugt ein Kurbeldrehwinkelsignal bei jedem vorbestimmten Drehwinkel der Kurbelwelle (beispielsweise 15° Kurbelwinkel). Das Referenzkurbelwellenstellungssignal und das Kurbeldrehwinkelsignal werden dem Eingabeanchluss der ECU 20 zugeführt und zur Berechnung der Motordrehzahl und zur Bestimmung der Öffnungs- und Schließzeitpunkte des Ansaugventils 5a der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 verwendet.

Ferner ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Ventilsteuerzeitensensor 38, der ein Referenznockenwellenstellungs-signal erzeugt, jedes Mal, wenn die Nockenwelle während ihrer Drehung eine vorbestimmte Referenzstellung erreicht,

in der Nähe der Nockenwelle des Motors 10 angeordnet. Das Referenznockenwellenstellungssignal wird dem Eingabeanchluss der ECU 20 zugeführt. Die ECU 20 berechnet die Drehphase der Nockenwelle (d. h. die Ventilsteuerzeiten des Motors 10) auf der Basis der Differenz zwischen dem Referenznockenwellenstellungssignal von dem Ventilsteuerzeitensensor 38 und dem Referenzkurbelwellenstellungs-signal von dem Kurbelwinkelsensor 37.

Der Ausgabeanchluss der ECU 20 ist über einen Treiber-10 schaltkreis 40 mit den jeweiligen Kraftstoffeinspritzventilen 1 verbunden, um die Öffnungs- und Schließzeitpunkte (d. h. die Kraftstoffeinspritzmenge und den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt) der Kraftstoffeinspritzventile 1 zu steuern. Der Ausgabeanchluss der ECU 20 ist ferner mit einem Sole-15 noidaktuator 51a des Ansaugventils 5a der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 über den Treiberschaltkreis 40 verbunden, um die Förderkapazität der Pumpe 5 zu steuern. Zusätzlich dazu ist der Ausgabeanchluss der ECU 20 mit der variablen Ventilzeitsteuerungseinrichtung 30 des Motors verbunden, um die Ventilsteuerzeiten des Motors 10 in Übereinstimmung mit dem Motorbetriebszustand, wie die Motorbelastung und die Drehzahl zu steuern.

In diesem Ausführungsbeispiel ist die Hochdruckkraftstoffpumpe 5 eine Kolbenpumpe, die mit einem Kolben 5d versehen ist, der durch einen Antriebsnocken 5b angetrieben ist, um innerhalb eines Zylinders 5c der Pumpe 5 zu reziprieren. Der Antriebsnocken 5b ist an einem Ende der Nockenwelle des Motors 10 ausgebildet. Wie zuvor erläutert wurde, wird die Nockenwelle in diesem Ausführungsbeispiel durch die Kurbelwelle des Motors angetrieben und dreht gleichzeitig damit. Folglich arbeitet die Hochdruckkraftstoffpumpe in diesem Ausführungsbeispiel synchron mit der Drehung der Nockenwelle. Weil der Antriebsnocken 5b in diesem Ausführungsbeispiel zwei Nocken- oder Nasenabschnitte hat, gibt die Hochdruckkraftstoffpumpe 5 bei jeder Umdrehung des Antriebskolbens 5b zweimal Kraftstoff ab. Weil der Antriebsnocken 5b und die Nockenwelle des Motors einmal je zwei Umdrehungen der Kurbelwelle drehen, gibt die Hochdruckkraftstoffpumpe 5 bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle einmal Kraftstoff ab.

Das Ansaugventil 5a, welches durch einen Solenoidaktuator 51a betätigt ist, ist an einem Einlassanschluss des Zylinders 5c vorgesehen. Die ECU 20 steuert die Förderkapazität der Pumpe 5, in dem der Zeitpunkt und die Dauer für die Öffnung des Ansaugventils 5a während des Förderhubs des Kolbens 5d verändert werden. Fig. 2A bis 2C zeigen schematisch das Verfahren zur Steuerung der Förderkapazität der Pumpe durch das Ansaugventil 5a. Fig. 2A zeigt die Pumpe 5, wenn der Kolben sich abwärts bewegt (d. h. wenn die Pumpe 5 in einem Ansaughub ist). Fig. 2 zeigt die Pumpe 5, wenn der Kolben 5d durch den Antriebsnocken 5b in aufwärtiger Richtung bewegt wird (d. h. wenn die Pumpe 5 in dem Förderhub ist). Fig. 2C zeigt die Pumpe 5, wenn sie in einem wirksamen Förderhub ist, in welchem die Pumpe 5 tatsächlich Kraftstoff abgibt.

Wie aus Fig. 2A und 2B zu sehen ist, entregt die ECU 20 den Solenoidaktuator 51a während des Ansaughubs und einer vorbestimmten Zeitspanne nach dem Beginn des Förderhubs der Pumpe. Wenn der Solenoidaktuator 51a entregt ist, wird der Ventilkörper 53a des Ansaugventils 5a in der Öffnungsstellung gehalten, in dem er durch die Feder 55a vorgespannt ist. Folglich fließt in dem Ansaughub (Fig. 2A) Kraftstoff in den Zylinder 5c von der Niederdruckleitung 13, wenn sich der Kolben 5d in abwärtiger Richtung bewegt. Weil ferner das Ansaugventil 5a in seiner offenen Stellung zu Beginn des Förderhubs (Fig. 2B) gehalten wird, wird Kraftstoff durch das Ansaugventil 5a zurück in die Niederdruckleitung 13 abgegeben und kehrt durch die Überlaufle-

tung 19 und das Rückschlagventil 19 (Fig. 1) in den Kraftstofftank 7 zurück, wenn sich der Kolben 5d zu Beginn des Förderhubs in aufwärtiger Richtung bewegt. Folglich steigt, auch wenn der Förderhub der Pumpe beginnt, der Druck des Kraftstoffs in dem Zylinder 5c nicht an und es wird kein Kraftstoff von der Pumpe 5 in die Hochdruckleitung 17 abgegeben, solange das Ansaugventil 5a in der offenen Stellung gehalten wird. Wenn eine vorbestimmte Zeitspanne nach dem Beginn des Förderhubs verstrichen ist, erregt die ECU 20 den Solenoidaktuator 51a des Ansaugventils 5a. Dies veranlasst den Solenoidaktuator 51a den Ventilkörper 53a gegen die Vorspannkraft der Feder 55a zu bewegen und dadurch bewegt sich der Ventilkörper 53a in seine Schließstellung (Fig. 2C). Wenn das Ansaugventil 5a während des Förderhubs der Pumpe 5 schließt, steigt der Druck in dem Zylinder infolge der Aufwärtsbewegung des Kolbens 5d an und, wenn der Druck des Kraftstoffs in dem Zylinder 5c größer wird als der Druck des Kraftstoffs in der Verteilerleiste 3, öffnet das Rückschlagventil des Zylinders 5c und der Kraftstoff in dem Zylinder 5c fließt durch das Rückschlagventil 15 und die Hochdruckleitung 17 in die Verteilerleiste 3. Wenn der Solenoidaktuator 51a während des Förderhubs der Pumpe 5 erregt wird, beginnt der effektive Förderhub der Pumpe 5, in welchem Kraftstoff tatsächlich von der Pumpe abgegeben wird. Wenn ferner eine vorbestimmte Zeit nach dem Beginn des wirksamen Förderhubs abgelaufen ist, entregt die ECU 20 den Solenoidaktuator 51a erneut. Dies veranlasst den Ventilkörper 53a, der durch die Feder 55 vorgespannt ist, sich in seine offene Stellung (Fig. 2B) zu bewegen. Somit nimmt der Druck des Kraftstoffs in dem Zylinder 5c ab, weil der Kraftstoff in dem Zylinder 5c durch das Ansaugventil 5a in den Kraftstofftank 7 zurückfließt, und der Ausschub von Kraftstoff in die Hochdruckleitung 17 ist beendet. Der wirksame Förderhub der Pumpe 5 endet, wenn der Solenoidaktuator 51a während des Förderhubs der Pumpe 5 entregt wird.

Die Menge an Kraftstoff, die von der Pumpe 5 während dieser wirksamen Förderhubs (d. h. die Förderkapazität der Pumpe 5) ist proportional zu dem Betrag der aufwärtigen Verlagerung des Kolbens 5d während des wirksamen Förderhubs. Mit anderen Worten, die Förderkapazität der Pumpe 5 ist proportional zu der Menge der Veränderung des Nockenhubes des Antriebsnockens 5b während des wirksamen Förderhubs. Folglich kann die Förderkapazität der Pumpe 5 gesteuert werden, indem der Öffnungs-/Schließzeitpunkt des Ansaugventils 5a gesteuert wird (d. h. Erregungs-/Entregungszeitpunkt) des Solenoidaktuators 51a).

In diesem Ausführungsbeispiel bestimmt die ECU 20 den Verteilerleistensolldruck auf der Basis der Motorbelastung und der Motordrehzahl unter Verwendung einer vorbestimmten Beziehung, die in dem ROM gespeichert ist, und bestimmt ferner eine Sollförderkapazität der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 auf der Basis des Verteilerleistensolldrucks und des tatsächlichen Verteilerleistendrucks, der durch den Kraftstoffdrucksensor 31 erfasst ist. Die Sollförderkapazität der Pumpe 5 ist die Förderkapazität, die erforderlich ist, um den tatsächlichen Verteilerleistendruck in Übereinstimmung mit dem Verteilerleistensolldruck zu bringen. Nach der Bestimmung der Sollförderkapazität der Pumpe 5 setzt die ECU 20 den Schließ-/Öffnungszeitpunkt des Ansaugventils 5a (Erregungs-/Entregungszeitpunkt des Solenoidaktuators 51a), so dass die tatsächliche Förderkapazität der Pumpe die gleiche wird, wie die berechnete Sollförderkapazität.

Wenn ein Motor mit festen Ventilsteuzeiten verwendet wird, in welchem die Drehphase der Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle stets festgelegt ist, ist die Förderkapazität der Pumpe 5 stets die gleiche, wenn die Dauer des wirksa-

men Förderhubs der Pumpe 5 festgelegt ist, d. h. wenn der Öffnungszeitpunkt des Ansaugventils (der Kurbelwinkel, bei dem das Ansaugventil öffnet) und der Schließzeitpunkt des Ansaugventils (der Kurbelwinkel, bei dem das Ansaugventil schließt) festgelegt sind. Jedoch ändert sich in einem Motor mit variablen Ventilsteuzeiten (d. h. ein Motor, der mit einer variablen Ventilsteuzeitungsvorrichtung ausgerüstet ist) die Förderkapazität der Pumpe, wenn sich die Ventilsteuzeiten des Motors ändern, wenn der wirksame Förderhub festgelegt ist, wie in Fig. 5 erläutert ist.

Die ECU 20 in diesem Ausführungsbeispiel stellt den Punkt, an dem der wirksame Förderhub beginnt und die Länge davon in Übereinstimmung mit den Ventilsteuzeiten des Motors 10 ein, so dass die tatsächliche Förderkapazität mit der berechneten Sollförderkapazität übereinstimmt.

Wie oben erläutert wurde, ist die Förderkapazität der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 durch den Betrag der Verlagerung des Kolbens 5d während des wirksamen Förderhubs der Pumpe bestimmt. Mit anderen Worten, die Förderkapazität der Pumpe 5 ist durch die Differenz zwischen dem Nockenhub des Antriebsnockens 5b zu Beginn des wirksamen Förderhubs (d. h. zu dem Zeitpunkt, wenn das Ansaugventil 5a schließt) und dem Ende des wirksamen Förderhubs (d. h. der Zeitpunkt, wenn das Ansaugventil öffnet) bestimmt. Folglich kann die Förderkapazität der Pumpe 5 unverändert erhalten werden, indem, wie beispielsweise durch die Kurven I und II in Fig. 5 gezeigt ist, die wirksame Förderhubdauer derart eingestellt wird, dass die Veränderung des Nockenhubes des Antriebsnockens 5b gleich wird (beispielsweise D1 in Fig. 5), auch wenn sich die Ventilsteuzeiten ändern. Wenn gemäß Fig. 5 die wirksame Förderhubdauer auf die Dauer gesetzt ist, die durch DP2 gezeigt ist, kann die Veränderung des Nockenhubes während des wirksamen Förderhubs und dadurch der Förderhub der Pumpe 5 auf dem gleichen Wert gehalten werden, auch wenn die Ventilsteuzeiten des Motors von Kurve I zu Kurve II vorge stellt werden. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, beginnt der wirksame Förderhub bei einem Kurbelwinkel VC1 und endet an einem Kurbelwinkel VO1, wenn die Ventilsteuzeiten die durch die Kurve I in Fig. 1 gezeigten sind (die am meisten nacheilende Ventilsteuzeit). Wenn die Ventilsteuzeiten von Kurve I zu Kurve II voreilend verstellt werden (die am meisten voreilende Ventilsteuzeiten), wenn der wirksame Förderhub derart gesetzt ist, dass er bei einem Kurbelwinkel VC2 beginnt und bei einem Kurbelwinkel VO2 endet, werden die Beträge des Nockenhubes zu Beginn und am Ende des wirksamen Förderhubs sowie die Differenz D1 dazwischen auf einem gleichen Wert gehalten.

In diesem Ausführungsbeispiel berechnet, nach der Berechnung der Sollförderkapazität der Pumpe 5, die ECU 20 den erforderlichen Schließ-/Öffnungszeitpunkt (d. h. Kurbelwinkel VC1 und VO1 des Ansaugventils 5a, wenn die Ventilsteuzeiten des Motors 10 in einem Referenzzustand sind (beispielsweise die am meisten nacheilende Steuerzeit, die durch die Kurve I in Fig. 5 gezeigt ist). Dann berechnet die ECU 20 den tatsächlichen Schließ-/Öffnungszeitpunkt des Ansaugventils (beispielsweise VC2 und VO2) bei den derzeitigen Ventilsteuzeiten (beispielsweise Kurve II in Fig. 5), der erforderlich ist, um die Beträge der Nockenhub zu erhalten, die gleich denen bei VC1 und VO1 bei den Referenzventilsteuzeiten (Kurve I) sind. Die ECU 20 setzt die Dauer des wirksamen Förderhubs, so dass die Drehstellungen des Antriebsnockens 5b zu Beginn und am Ende des wirksamen Förderhubs bei den derzeitigen Ventilsteuzeiten die gleichen werden, wie jene bei den Referenzventilsteuzeiten.

In dem Übergangszustand, d. h. wenn sich die Ventilsteuzeiten ändern, ist es jedoch schwierig, die tatsächlichen

Schließ-/Öffnungszeitpunkte VC2 und VO2 des Ansaugventils 5a zu bestimmen. Wenn sich beispielsweise die Ventilsteuzeiten von der am meisten nacheilenden Zeitsteuerung (die Kurve I in Fig. 5) zu der am meisten voreilenden Zeitsteuerung (die Kurve II in Fig. 5) ändern, schaltet die Nockenhubkurve nicht sofort von der Kurve I auf die Kurve II. Bei dem tatsächlichen Betrieb des Motors ändern sich, weil die Betätigungs geschwindigkeit der variablen Ventilsteuzeitungseinrichtung begrenzt ist, die Ventilsteuzeiten von der am meisten verzögerten Zeitsteuerung (Kurve I) zu der am meisten voreilenden Zeitsteuerung (Kurve II) mit relativ niedriger Geschwindigkeit. In diesem Fall ändert sich, während der Übergangsperiode von der Kurve I auf die Kurve II der tatsächliche Nockenhub des Antriebsnockens 5b entlang einer Übergangskurve, die durch die Kurve III in Fig. 5 angedeutet ist. Umgekehrt ändert sich, wenn die Ventilsteuzeiten sich von der am meisten voreilenden Zeitsteuerung (Kurve II) zu der am meisten nacheilenden Zeitsteuerung (Kurve I) in Fig. 5 ändern, der tatsächliche Nockenhub des Antriebsnockens 5b entlang einer anderen Übergangskurve, die durch IV in Fig. 5 angedeutet ist. Um die Förderkapazität während der Übergangsperiode, in welcher sich die Ventilsteuzeiten ändern, einzustellen, ist es erforderlich, die Kurbelwinkel (die Drehphase des Antriebsnockens 5b) zu bestimmen, bei denen die Beträge der Nockenhübe des Antriebsnockens 5b tatsächlich die gleichen werden, wie jene bei VC1 und VO1 bei den Referenzventilsteuzeiten. Beispielsweise sind die erforderlichen Zeitpunkte des Schließens/Öffnens des Ansaugventils während der Übergangsbedingung VC3 und VO3, wenn sich die Ventilsteuzeiten von Kurve I (die am meisten nacheilende Zeitsteuerung) zu Kurve II (die am meisten voreilende Zeitsteuerung) ändern, und sind VC4 und VO4, wenn sich die Ventilsteuzeiten von Kurve II zu Kurve I ändern. Ferner zeigen die Nockenhubkurven III und IV lediglich den Übergang zwischen den am meisten nacheilenden Ventilsteuzeiten (Kurve I) und den am meisten voreilenden Ventilsteuzeiten (Kurve II). Folglich müssen in dem Übergangszustand zwischen Ventilsteuzeiten, die von den am meisten nacheilenden und am meisten voreilenden Ventilsteuzeiten abweichen, andere Übergangskurven verwendet werden, um die tatsächlichen Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils 5a zu bestimmen. Weil ferner die tatsächlichen Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils 5a gleichzeitig mit der Bestimmung der Sollförderkapazität der Pumpe bestimmt werden müssen, müssen die Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils 5a bestimmt werden, bevor der wirksame Förderhub beginnt.

Bei der Berechnung der Förderkapazität der Pumpe schätzt die ECU 20 in diesem Ausführungsbeispiel folglich die zukünftigen Ventilsteuzeiten, wenn das Ansaugventil tatsächlich schließt und öffnet, und bestimmt die genauen Schließ-/Öffnungszeitpunkt des Ansaugventils 5a auf der Basis der geschätzten Ventilsteuzeiten und der berechneten Sollförderkapazität der Pumpe.

Das Verfahren zur Bestimmung der Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils (d. h. das Verfahren zur Steuerung der Förderkapazität der Pumpe 5 wird unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm in Fig. 3 und das Zeitdiagramm in Fig. 4 erläutert.

Fig. 4 ist ein dem in Fig. 5 gleichendes Diagramm, welches die Nockenhubkurve des Antriebsnockens 5b der Pumpe 5 zeigt. Die horizontale Achse in Fig. 4 repräsentiert den Kurbelwinkel und die vertikale Achse repräsentiert den Betrag des Nockenhubes des Antriebsnockens 5b. Die Kurve I in Fig. 4 repräsentiert die Nockenhubkurve des Antriebsnockens 5b, wenn die Ventilsteuzeiten am meisten nacheilen und die Kurve V repräsentiert eine beispielhafte Nok-

kenhubkurve des Antriebsnockens 5b während eines Übergangs, wenn sich die Ventilsteuzeiten von einem Ventilsteuzeiten zu anderen Ventilsteuzeiten ändern.

Der Kurbelwinkel (die horizontale Achse) in Fig. 4 ist 5 durch den Kurbelwinkel bezüglich der Referenzkurbelstellung TDC (beispielsweise der obere Todpunkt des ersten Zylinders). Der Kurbelwinkel in Fig. 4 ist als BTDC Wert (Wert vor QT) ausgedrückt und die Steuerzeiten eilen vor, wenn der Wert für den Kurbelwinkel größer wird.

10 Gemäß Fig. 4 ist, wie später erläutert wird, der wirksame Förderhub der Pumpe 5 auf die Periode zwischen den Kurbelwinkeln von VC5 bis VO5 gesetzt. Diese wirksame Förderhubdauer ist viel eher bestimmt, als wenn der Förderhub der Pumpe tatsächlich beginnt (beispielsweise in Fig. 4 ist

15 die wirksame Förderhubdauer bei einem Kurbelwinkel QT in Fig. 4 bestimmt und QT beträgt etwa 350° BTDC). Um die wirksame Förderhubdauer bei dem Kurbelwinkel QT zu bestimmen, wird eine Abschätzung der Ventilsteuzeiten bei VLT ausgeführt und passiert früher als QT.

20 Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das den tatsächlichen Betrieb erläutert, um den tatsächlichen Förderhub der Pumpe gemäß dem Ausführungsbeispiel zu bestimmen. Der Vorgang in Fig. 3 wird durch eine Routine ausgeführt, die durch die ECU 20 bei jedem vorbestimmten Kurbelwinkel ausgeführt wird.

25 Gemäß Fig. 3 bestimmt die ECU 20 in Schritt 301, ob die Abschätzung der Ventilsteuzeiten ausgeführt werden sollte, d. h. ob der derzeitige Kurbelwinkel CA gleich VLT in Fig. 4 ist (in diesem Ausführungsbeispiel ist VLT auf etwa 420° BTDC gesetzt). Wenn dies der Zeitpunkt zur Abschätzung der Ventilsteuzeiten in Schritt 301 ist, wird der geschätzte Betrag dlvt der Änderung der Ventilsteuzeiten, wenn die Kurbelwelle um 360° von dem derzeitigen Kurbelwinkel dreht, im Schritt 303 durch

$$dlvt = (VT - VT_{i-1}) + VTT - VT$$

35 berechnet. VT in der Formel ist ein Wert der derzeitigen Ventilsteuzeiten und VT_{i-1} ist ein Wert der Ventilsteuzeiten bei 360° Kurbelwinkel zuvor. VTT ist ein derzeitiger Wert für die Sollventilsteuzeiten. Die obige Formel ist experimentell erhalten. Es wurde durch Experiment gefunden,

40 dass der Betrag der Änderung dlvt der Ventilsteuzeiten während einer 360° Drehung der Kurbelwelle von der derzeitigen Stellung etwa gleich dem Wert ist, der erhalten wird, indem der Betrag der Abweichung (VTT - VT) der derzeitigen Ventilsteuzeiten von den Sollventilsteuzeiten zu dem Betrag der Änderung (VT - VT_{i-1}) der Ventilsteuzeiten während der letzten 360° Drehung der Kurbelwelle addiert wird. VTT und VT in der obigen Formel sind durch den Betrag der Voreilung der Ventilsteuzeiten von den am meisten nacheilenden Ventilsteuzeiten ausgedrückt und folglich wird VT zu Null, wenn die derzeitigen Ventilsteuzeiten am meisten nacheilen.

45 55 Als nächstes wird in Schritt 305 der Wert des geschätzten Betrags der Änderung dlvt durch einen Maximalwert α (wenn die Ventilsteuzeiten voreilen) und einen Minimalwert β (wenn die Ventilsteuzeiten nacheilen) begrenzt. Wenn dlvt größer als α oder kleiner als β ist, wird der Wert 60 von dlvt auf α (beispielsweise $\alpha \approx 5^\circ$) oder β ($\beta \approx 10^\circ$) gesetzt. Der Maximalwert α und der Minimalwert β entsprechen der maximalen Betätigungs geschwindigkeit der variablen Ventilsteuzeitungseinrichtung 30 während des Ventilsteuzeiten voreilungsvorgangs bzw. des Ventilsteuzeiten nacheilungsvorgangs.

65 60 Nach der Berechnung des geschätzten Betrags dlvt der Änderung in den Ventilsteuzeiten wird in Schritt 307 bestimmt, ob der derzeitige Kurbelwinkel CA den Kurbelwin-

kel QT erreicht, bei dem die Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils 5a der Pumpe 5 bestimmt werden sollten, und wenn CA = QT, werden die Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils 5a durch Schritte 309 bis 319 berechnet.

In Schritt 309 wird ein Basisöffnungszeitpunkt (Kurbelwinkel) afpoffs des Ansaugventils 5a in Übereinstimmung mit der Sollförderkapazität und der Motordrehzahl (d. h. Laufgeschwindigkeit der Pumpe 5) berechnet. Der Basisventilöffnungszeitpunkt afpoffs ist ein Öffnungszeitpunkt des Ansaugventils 5a (d. h. ein Kurbelwinkel, bei dem der Solenoidaktuator 51a entriegelt wird), der geeignet ist, die Sollförderkapazität zu erhalten, wenn die Ventilsteuerzeiten am meisten nacheilen (Fig. 4). Der Basisventilöffnungszeitpunkt afpoffs wurde zuvor durch ein Experiment ermittelt, in welchem ein passender Ventilöffnungszeitpunkt zum Erhalt der Sollförderkapazität unter verschiedenen Kombinationen von Motordrehzahl und Verteilerleistendruck bestimmt ist, während die Ventilsteuerzeiten auf den am meisten nacheilenden Zeitpunkten gehalten wurden. Die erhaltenen Werte für afpoffs sind in dem ROM der ECU 20 in Form eines numerischen Kennfelds gespeichert, das die Sollförderkapazität, die Motordrehzahl und den Verteilerleistendruck als Parameter verwendet.

In Schritt 311 ist eine Basisschließperiode awonbs des Ansaugventils 5a (d. h. die Periode zum Erregen des Solenoidaktuators 51a) bestimmt, die erforderlich ist, um die Sollförderkapazität in dem Referenzzustand (d. h. wenn die Ventilsteuerzeiten am meisten nacheilen, siehe Fig. 4) zu erhalten. Gleich den Werten für afpoffs wurden die Werte von awonbs experimentell bestimmt und sind in dem ROM der ECU 20 in Form eines numerischen Kennfelds gespeichert, das die Sollförderkapazität, die Motordrehzahl und den Verteilerleistendruck als Parameter verwendet.

Ferner wird in Schritt 313 ein Basisventilschließzeitpunkt (ein Kurbelwinkel, bei dem der Solenoidaktuator 51a erregt wird) afpons in dem Referenzzustand (am meisten verzögerte Ventilsteuerzeiten) aus dem Basisventilöffnungszeitpunkt afpoffs und der Basisventilschließperiode awonbs durch

$$afpons = afpoffs + awonbs - aoffset$$

berechnet.

aoffset ist der Betrag des Versatzes des Nockenanlaufs des Antriebsnockens 51b von der Referenzposition der Nockenwelle. Der Schließzeitpunkt afpons und der Öffnungszeitpunkt afpoffs, die in den Schritten 309 und 313 berechnet sind, sind die Schließ-/Öffnungszeitpunkte des Ansaugventils 5a, die erforderlich sind, um die Sollförderkapazität der Pumpe 5 in dem Referenzventilsteuerzustand (der am meisten nacheilende Ventilsteuerzustand) zu erhalten.

Folglich ist es in von dem Referenzventilsteuerzustand abweichenden Ventilsteuerzuständen erforderlich, den Schließzeitpunkt afpons und den Öffnungszeitpunkt afpoffs des Ansaugventils in Übereinstimmung mit den tatsächlichen Ventilsteuerzeiten zu korrigieren. Obwohl der Basisventilschließzeitpunkt afpons von dem Basisventilöffnungszeitpunkt afpoffs in der obigen Berechnung bestimmt ist, wird in der folgenden Berechnung der Ventilschließzeitpunkt von dem Ventilöffnungszeitpunkt bestimmt, um die Öffnungs- und Schließzeitpunkte des Ansaugventils in Übereinstimmung mit den Ventilsteuerzeiten einzustellen.

Zu diesem Zweck wird ein provisorischer Ventilschließzeitpunkt afponb bei den derzeitigen Ventilsteuerzeiten in Schritt 315 berechnet. Der provisorische Ventilschließzeit-

punkt afponb ist ein Kurbelwinkel, bei welchem der Betrag des Nockenhubes des Antriebsnockens der gleiche wird, wie der des Basisventilschließzeitpunkts afpons. Der provisorische Ventilschließzeitpunkt afponb ist durch

$$afponb = afpons + VT$$

berechnet.

Ferner wird in Schritt 317 ein Korrekturbetrag kaon für die Korrektur des provisorischen Ventilschließzeitpunkts afponb in Übereinstimmung mit dem geschätzten Betrag dlvt der Änderung der Ventilsteuerzeiten durch

$$kaon = (dlvt/360) \times (QT + kacal - afponb)$$

berechnet.

Der erste Term der obigen Formel repräsentiert den Änderungsbetrag der Ventilsteuerzeiten je 1° Drehung der Kurbelwelle und der zweite Term davon repräsentiert den Drehwinkel der Kurbelwelle in der Periode von dem Kurbelwinkel, bei dem die derzeitigen Ventilsteuerzeiten VT erfasst werden (d. h. der Kurbelwinkel VLT) bis zu dem berechneten provisorischen Ventilschließzeitpunkt afponb (kacal ist ein Kurbelwinkel zwischen VLT und QT).

Der Betrag (QT + kacal - afponb) repräsentiert den Drehwinkel der Kurbelwelle von dem Kurbelwinkel VLT zu dem provisorischen Ventilschließzeitpunkt afponb, wenn angenommen wird, dass die Ventilsteuerzeiten VT unverändert sind. Jedoch ändern sich im tatsächlichen Betrieb die Ventilsteuerzeiten auch während der Periode, in der die Kurbelwelle von dem Kurbelwinkel VLT nach afponb dreht. Folglich ist es, um den Betrag des Nockenhubes zu erhalten, der gleich dem des provisorischen Ventilschließzeitpunkts ist (d. h. der Betrag des Nockenhubes, der gleich dem von dem Basisventilschließzeitpunkt afpons ist) erforderlich, den Drehwinkel (QT + kacal - afponb) der Kurbelwelle auf der Basis der Veränderung der Ventilsteuerzeiten in dieser Periode der Kurbelwellendrehung zu korrigieren. Wenn beispielweise die Ventilsteuerzeiten um ΔVT während dieser Periode voreilen, muss die Periode (QT + kacal - afponb) um ΔVT verkürzt werden, um einen Betrag des Nockenhubes zu erhalten, der gleich dem des Basisventilschließzeitpunkts afpons ist. Wenn gleichermaßen die Ventilsteuerzeiten um ΔVT während der Periode nacheilen, muss die Periode (QT + kacal - afponb) um ΔVT verlängert werden. Weil sich die Ventilsteuerzeiten nun mit der Rate (dlvt/360) je 1° Drehung der Kurbelwelle ändern, wird der Gesamtbetrag der Änderung der Ventilsteuerzeiten während der Periode (QT + kacal - afponb) kaon, der durch die obige Formel berechnet ist. Mit anderen Worten, kaon ist der Betrag, der erforderlich ist, um den provisorischen Ventilschließzeitpunkt afponb zu korrigieren, so dass der Betrag des Nockenhubes bei dem korrigierten Ventilschließzeitpunkt der gleiche wird, wie der des Basisventilschließzeitpunkts afpons, auch wenn sich die Ventilsteuerzeiten ändern.

Gleich dem obigen muss, weil sich der Basisventilöffnungszeitpunkt afpoffs ebenfalls in Übereinstimmung mit der Änderung der Ventilsteuerzeiten ändert, die Ventilschließperiode awonb in Übereinstimmung mit den Ventilsteuerzeiten korrigiert werden. Folglich wird in Schritt 317 der Korrekturbetrag kaonw für die Basisventilschließperiode awonb auf die gleiche Weise wie kaon berechnet, d. h. durch

$$kaonw = (dlvt/360) \times awonb$$

Schließlich werden in Schritt 319 der tatsächliche Ventilschließzeitpunkt (der Kurbelwinkel, bei dem der Solenoid-

aktuator 51a erregt wird, auf und die tatsächliche Ventilschließperiode (der Winkel der Kurbelwellendrehung, während der der Solenoidaktuator erregt gehalten wird) awon durch

afpon = afponb + kaon und
awon = awonb + kaonw

berechnet.

Wenn der Ventilschließzeitpunkt afpon und die Ventilschließperiode awon in Schritt 319 berechnet sind, wird der Solenoidaktuator 51a des Ansaugventils 5a auf der Basis der berechneten Werte für afpon und awon durch einen Ansaugventilsteuungsvorgang, der separat durch die ECU 20 ausgeführt wird (nicht gezeigt), erregt und entriegelt. In dem Ansaugventilsteuungsvorgang beginnt die ECU 20 den Solenoidaktuator 51a zu erregen, wenn der Kurbelwinkel afpon erreicht und setzt die Erregung davon fort, bis sich die Kurbelwelle um einen Winkel awon gedreht hat. Durch diesen Ansaugventilbetrieb wird der Betrag der Änderung des Nockenhubes des Antriebsnockens 51b der gleiche wie der in dem Referenzventilsteuerzeitenzustand (D1 in Fig. 4), auch wenn sich die Ventilsteuerzeiten ändern. Folglich wird die tatsächliche Förderkapazität der Pumpe 5 stets die Sollförderkapazität. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Förderkapazität der Hochdruckkraftstoffpumpe 5 stets auf die Sollförderkapazität eingestellt, unabhängig von der Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors.

In dem obigen Ausführungsbeispiel werden sowohl der Ventilschließzeitpunkt (der Kurbelwinkel, bei dem der Solenoidaktuator 51a erregt wird) als auch der Ventilöffnungszeitpunkt (der Kurbelwinkel, bei dem der Solenoidaktuator 51a entriegelt wird) in Übereinstimmung mit den Ventilsteuerzeiten des Motors geändert. Wenn jedoch der Betrag der Änderung des Nockenhubes des Antriebsnockens 5b während des wirksamen Förderhubs der Pumpe 5 (die Ventilschließperiode, d. h. die Periode während der der Solenoidaktuator 51a erregt ist) auf dem gleichen Wert gehalten wird, wird die Förderkapazität der Pumpe stets die gleiche. Folglich können entweder der Ventilschließzeitpunkt (d. h. der Beginn des wirksamen Förderhubs) oder der Ventilöffnungszeitpunkt (d. h. das Ende des wirksamen Förderhubs) festgelegt werden, wenn die Länge des wirksamen Förderhubs (d. h. die Länge der Periode in welcher der Solenoidaktuator 51a erregt gehalten wird) in Übereinstimmung mit den Ventilsteuerzeiten eingestellt ist, derart, dass der Betrag der Änderung des Nockenhubes des Antriebsnockens 5b der gleiche wird, wie der in dem Referenzventilsteuerzeitenzustand.

Obwohl ferner eine Vierzylinder-Brennkraftmaschine in dem obigen Ausführungsbeispiel verwendet ist, kann die vorliegende Erfindung auf einen Motor angewandt werden, der eine andere Anzahl von Zylindern hat. Zudem kann die vorliegende Erfindung sowohl auf einen Dieselmotor als auch auf einen Benzinmotor angewandt werden. Ferner kann die vorliegende Erfindung gleichermaßen auf einen Motor angewandt werden, der mit Einlassanschluss-Kraftstoffeinspritzventilen ausgerüstet ist, die Kraftstoff in die Einlassanschlüsse der jeweiligen Zylinder einspritzen, als auch auf einen Motor angewandt werden, der mit Kraftstoffdirekteinspritzungsventilen ausgerüstet ist, welche Kraftstoff unmittelbar in die Zylinder einspritzen.

Das Kraftstoffpumpensteuerungssystem umfasst eine elektronische Steuerungseinheit (ECU) zur Steuerung der Förderkapazität einer Hochdruckkraftstoffkolbenpumpe, welche durch einen Antriebsnocken angetrieben ist, der mit der Nockenwelle eines Motors verbunden ist. Der Motor ist mit einer variablen Ventilzeitsteuerungseinrichtung versehen, um Ventilsteuerzeiten des Motors zu steuern, indem die

Drehphase der Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle eingestellt wird. Die Pumpe ist mit einem Ansaugventil versehen. Wenn sich die Öffnungs-/Schließzeitpunkte des Ansaugventils ändern, ändert sich der wirksame Förderhub der Pumpe und dadurch die Förderkapazität der Pumpe. Die ECU schätzt die Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors während des wirksamen Förderhubs der Pumpe bevor der wirksame Förderhub beginnt, und stellt die Öffnungs-/Schließzeitpunkte des Ansaugventils in Übereinstimmung mit der geschätzten Änderung der Ventilsteuerzeiten ein, so dass die Förderkapazität der Pumpe eine Sollförderkapazität wird, unabhängig von der Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors.

Patentansprüche

1. Ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem für eine Brennkraftmaschine, die mit einer variablen Ventilsteuerzeiteinstelleinrichtung zum Einstellen der Ventilsteuerzeiten des Motors auf Sollventilsteuerzeiten versehen ist, die durch den Betriebszustand des Motors bestimmt sind, indem eine Drehphase der Nockenwelle des Motors verändert wird, wobei das Kraftstoffpumpensteuerungssystem eine Förderkapazitätsteuerungseinrichtung für die Steuerung der Förderkapazität einer Verdrängerkraftstoffpumpe, die synchron mit der Drehung der Nockenwelle des Motors arbeitet, auf eine vorbestimmte Sollförderkapazität umfasst, und wobei die Förderkapazitätsteuerungseinrichtung die Förderkapazität der Kraftstoffpumpe auf die vorbestimmte Sollförderkapazität steuert, indem der Zeitpunkt von mindestens einem von einem Beginn und einem Ende eines wirksamen Förderhubs der Pumpe in Übereinstimmung mit der Änderung der Ventilsteuerzeiten des Motors geändert wird.

2. Ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem nach Anspruch 1, wobei die Förderkapazitätsteuerungseinrichtung tatsächliche Ventilsteuerzeiten des Motors zu einer vorbestimmten Zeit schätzt, die von der Gegenwart verstrichen ist, und die Förderkapazität der Kraftstoffpumpe auf die vorbestimmte Sollförderkapazität steuert, indem der Zeitpunkt von mindestens einem von einem Beginn und einem Ende eines wirksamen Förderhubs der Pumpe in Übereinstimmung mit den geschätzten tatsächlichen Ventilsteuerzeiten des Motors geändert wird.

3. Ein Kraftstoffpumpensteuerungssystem nach Anspruch 2, wobei die Förderkapazitätsteuerungseinrichtung die tatsächlichen Ventilsteuerzeiten des Motors, nachdem die vorbestimmte Zeit verstrichen ist, auf der Basis der derzeitigen tatsächlichen Ventilsteuerzeiten und den Sollventilsteuerzeiten schätzt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

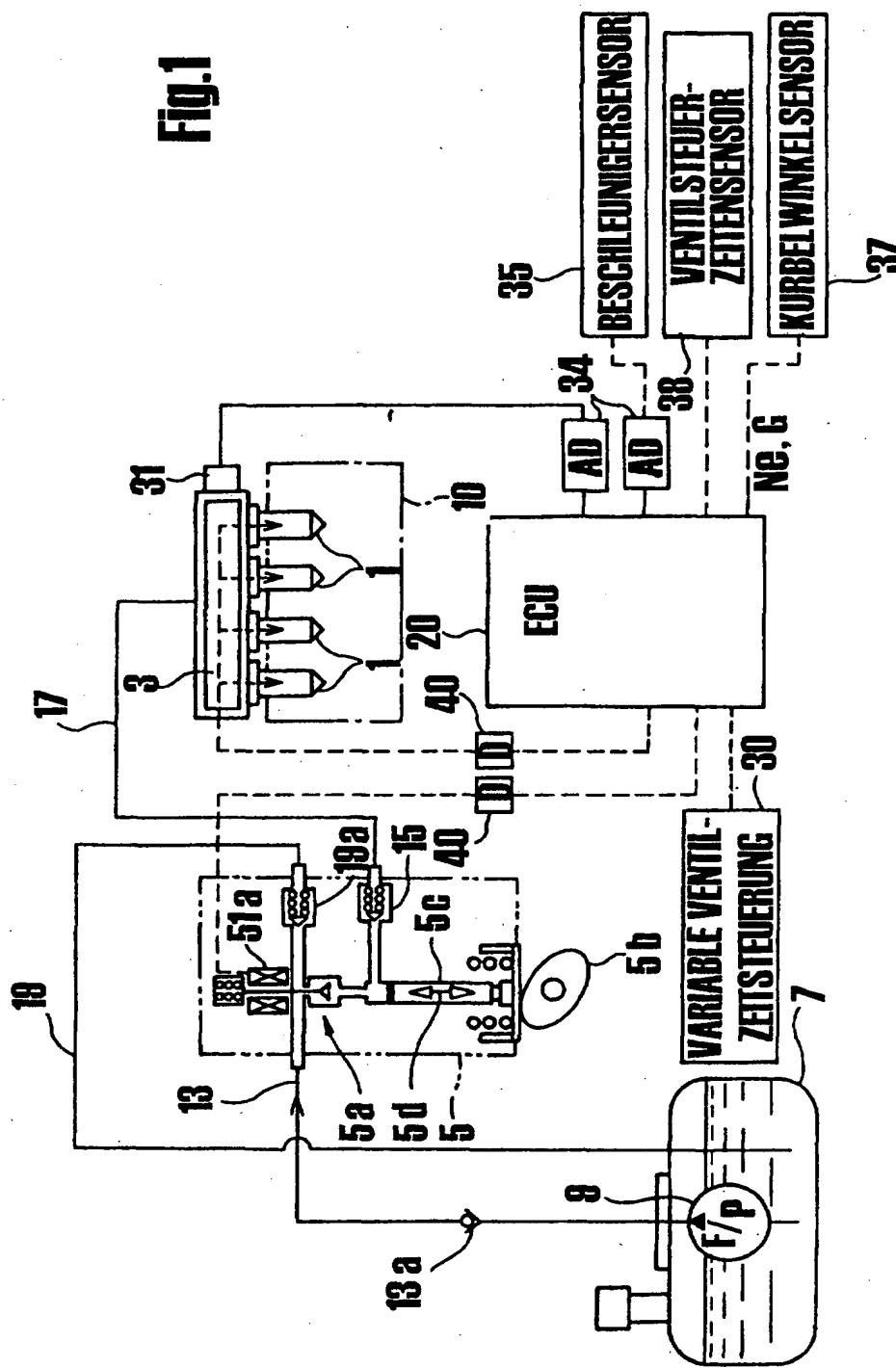


Fig. 2A Fig. 2B Fig. 2C

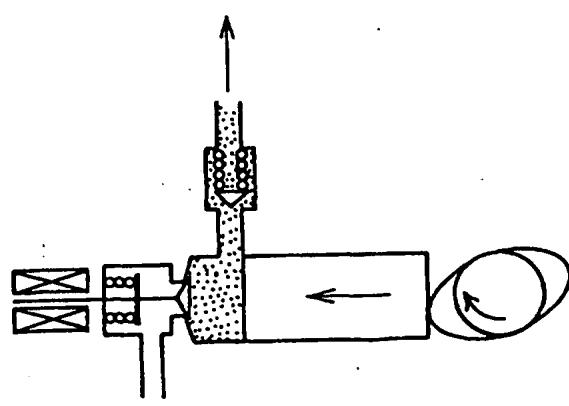
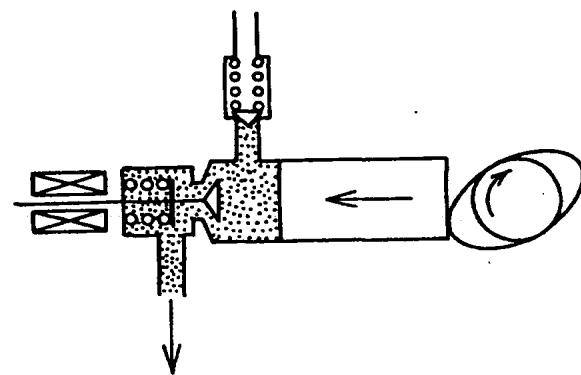
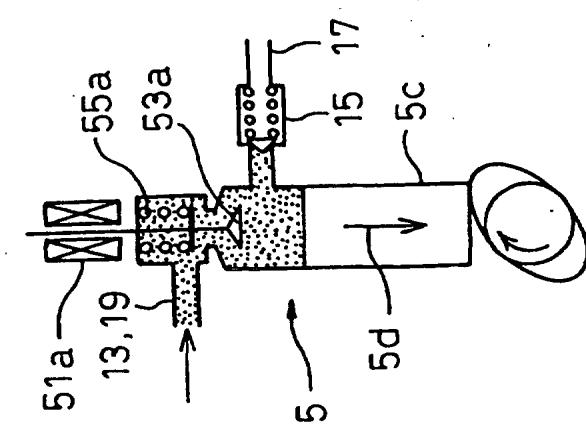


Fig.3

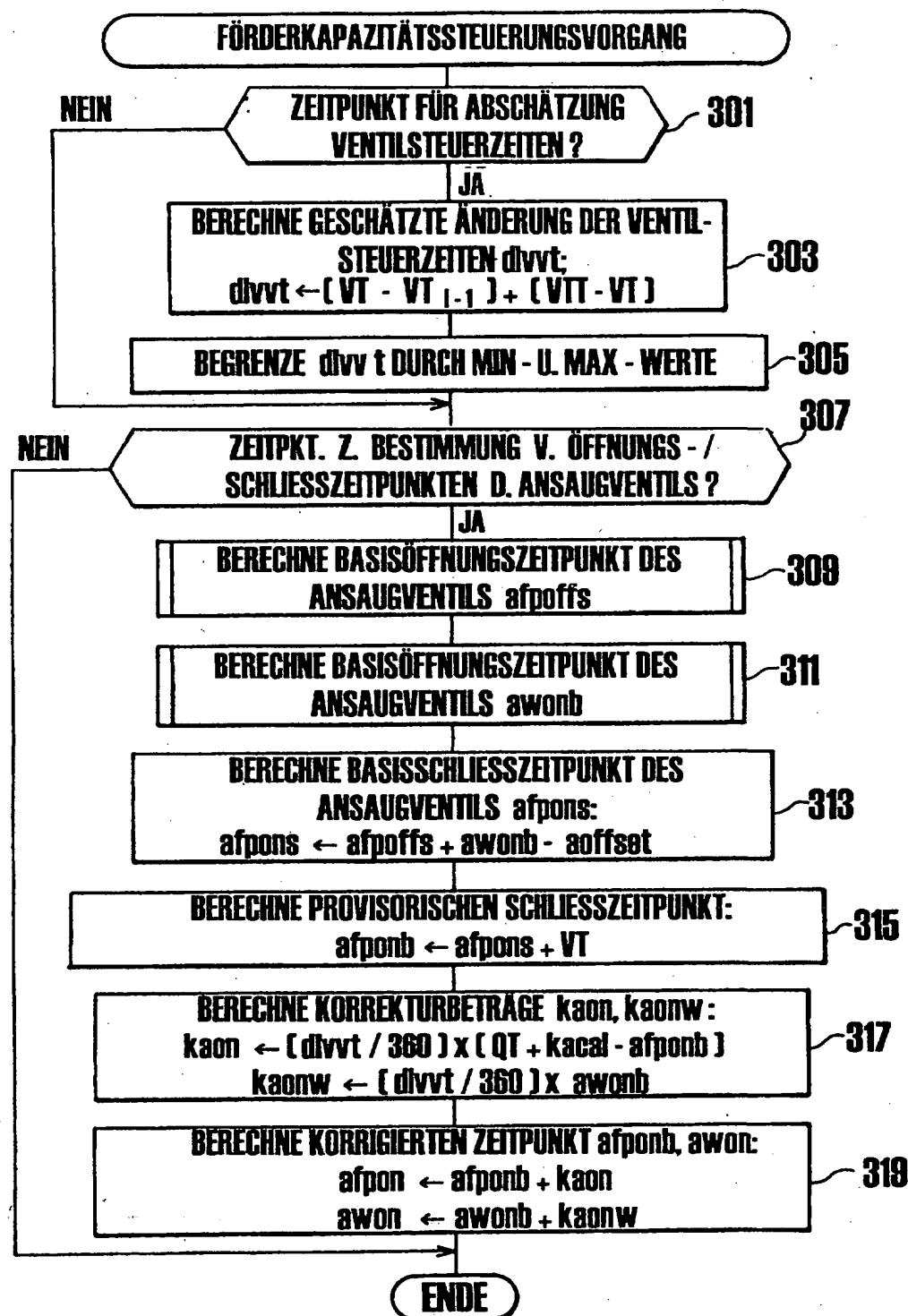


Fig. 4

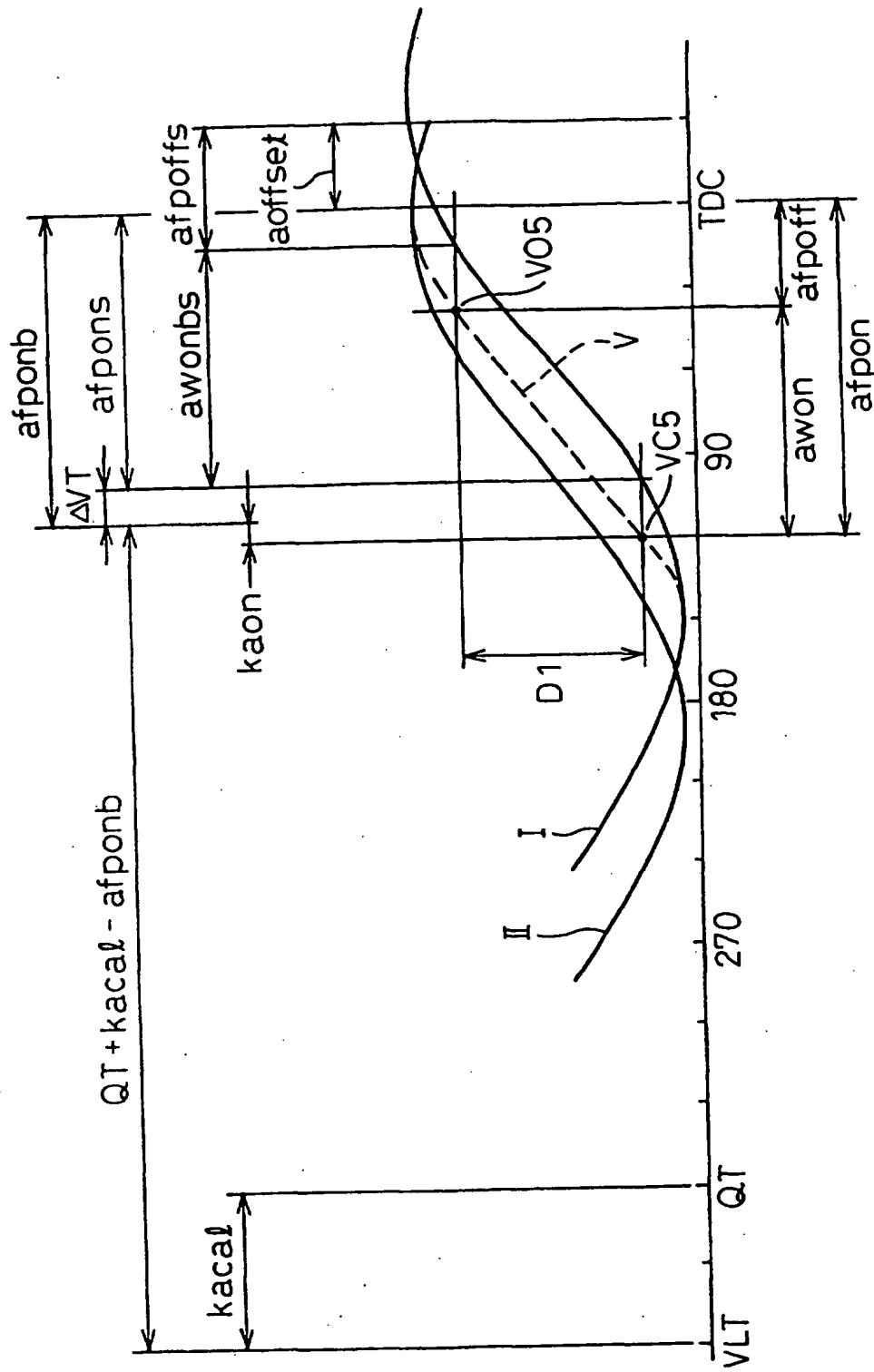


Fig. 5

KURBELWELLENDREHUNG

